

SIMULASI METODE *BACK PROPAGATION* DALAM ANALISIS HASIL PENGARUH BIJI KARET SUBSTITUSI AGREGAT KASAR TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Fadhila FIRDAUSA^{1*}, Raja MARPAUNG², Sri Rezki ARTINI³

¹Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

²Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

³Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Sriwijaya, Palembang, Indonesia

*Email korespondensi: fadhilafirdausa@polsri.ac.id

[diterima: 02 November 2020, disetujui: 30 Desember 2020]

ABSTRACT

Rubber seeds are one of the most quantity natural wastes in South Sumatra. Therefore we need the processing of rubber ore waste in order to have a use value and economic value. Backpropagation is one method in the use of artificial neural networks. This method has been widely used as one method for predicting data. The data generated is based on data that has been inputted with the target achievement as output data. The input data used was obtained from the results of laboratory testing of concrete compressive strength with rubber seed substitution in coarse aggregate of 5%, 10%, 15% and 20% for the life of the concrete 7 days, 14 days and 28 days. Laboratory test results show that the greater the composition of the use of rubber seeds, the compressive strength of concrete decreases. A mixture of 5% rubber seeds has the greatest compressive strength yield of 19.33 MPa. Concrete compressive strength results obtained from the test results are then used as input data in the training process with the backpropagation method. The back propagation simulation method is able to predict the test results with an smallest error valued at 3.5% and the biggest error 47%. The backpropagation method successfully predicts the results of a concrete compressive strength due to an error for predictions of less than 50%. This is because the input data entered is very small. Therefore, further research is needed to get maximum results.

Key words: Compressive Strength Concrete, Simulation, Backpropagation, Prediction

INTISARI

Biji karet merupakan salah satu limbah alam yang jumlahnya sangat banyak di Sumatera Selatan. Oleh karena itu, diperlukan proses pengolahan limbah biji karet agar dapat mempunyai nilai guna dan nilai ekonomi. *Backpropagation* merupakan salah satu metode dalam penggunaan jaringan syaraf tiruan. Data yang dihasilkan berdasarkan data yang telah diinputkan dengan target capaian sebagai data output. Data input yang digunakan didapat dari hasil pengujian laboratorium kuat tekan beton dengan substitusi biji karet pada agregat kasar sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% selama umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari. Hasil pengujian laboratorium menunjukkan hasil bahwa semakin besar komposisi penggunaan biji karet maka kuat tekan beton semakin menurun. Campuran biji karet 5% memiliki hasil kuat tekan terbesar sebesar 19,33 Mpa. Hasil kuat tekan beton yang didapat dari hasil pengujian kemudian digunakan sebagai data *input* pada proses *training* dengan metode *backpropagation*. Simulasi metode *backpropagation* mampu memprediksi hasil pengujian dengan eror terkecil sebesar 3,5 % dan eror terbesar 47%. Metode back propagation dinilai mampu memprediksi hasil kuat tekan beton karena eror untuk prediksi kurang dari 50%. Hal ini dikarenakan data input yang dimasukkan sangat sedikit. Oleh karena itu diperlukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Kata kunci: Kuat Tekan Beton, Simulasi, *Backpropagation*, Prediksi

PENDAHULUAN

Seiring perkembangan zaman material beton merupakan material konstruksi yang sering digunakan, jika dilihat dari kemudahan dalam memperoleh bahan dalam membuat olahan beton dan dalam proses perawatan maupun pemeliharannya. Oleh karena itu beton sering digunakan dalam pembuatan konstruksi bangunan. Inovasi terhadap pembuatan beton sering diujicobakan untuk mendapatkan hasil yang maksimal ataupun untuk kepentingan lainnya. Semakin berkembang penelitian beton semakin mengarah pada pemanfaatan limbah alam. Limbah alam yang dimaksudkan salah satunya yaitu limbah yang berasal dari biji karet. Perkebunan karet merupakan salah satu perkebunan terbesar di Sumatera selatan.

Berdasarkan data BPS tahun 2019 luas perkebunan karet di Sumatera Selatan sebesar 1.305.699 hektar. Karena jumlah perkebunan karet yang sangat besar maka otomatis akan menghasilkan limbah biji karet yang banyak. Oleh karena itu diperlukan pengolahan limbah biji karet agar bernilai guna dan menambah nilai ekonomi. Selain itu kelebihan dari biji karet adalah bentuknya yang ringan sehingga akan mampu membuat berat beton menjadi ringan.

Metode *backpropagation* merupakan salah satu metode yang digunakan dalam proses simulasi untuk membuat jaringan syaraf tiruan. Adapun yang dimaksudkan jaringan syaraf tiruan yaitu sebuah jaringan pemrograman yang dibuat untuk meniru beberapa data yang diinputkan kedalam bahasa pemrograman. Metode *back propagation* sendiri telah banyak digunakan diberbagai jenis penelitian salah satunya penelitian dalam bidang konstruksi yaitu dalam memprediksi nilai rating faktor jembatan, berat jembatan, dan lainnya. Karena latar belakang ini maka penelitian ini akan mencoba menggunakan simulasi *backpropagation* untuk memprediksi hasil kuat tekan beton yang diberi campuran biji karet untuk menggantikan agregat kasar dengan persentase sebesar 5%, 10%, 15% dan 20% dengan umur beton 7 hari, 14 hari dan 28 hari.

TINJAUAN PUSTAKA

Kajian Eksperimental Penggunaan Limbah Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Ringan Kombinasi Pasir Tanjung Raja dan Conplast WP421.

Penelitian ini dilakukan oleh Yuhesti (2014) yang membahas mengenai pemanfaatan biji karet sebagai pengganti agregat kasar. Adapun material pasir yang digunakan yaitu material pasir Tanjung Raja dan menggunakan bahan tambahan Conplast WP421. Persentase agregat menggunakan biji karet yaitu dengan perbandingan 25%, 50%, dan 75%. Adapun benda uji yang akan diuji yaitu benda uji dengan umur 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa semakin banyak biji karet yang digunakan maka beton akan semakin ringan dan kuat tekan beton semakin menurun.

Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Substitusi Bahan Ramah Lingkungan.

Penelitian ini dilakukan oleh Prima dkk. (2017) tujuan penelitian ini untuk mencari solusi untuk pengganti bahan – bahan beton yang semula dari alam beralih ke bahan limbah seperti cangkang kerang, abu sekam dan fly ash. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari kuat tekan beton ramah lingkungan. Metode penelitian ini menggunakan SNI tata cara pembuatan rencana campuran beton normal kemudian beton diuji pada usia beton 7,14 dan 28 hari. Pada penelitian ini didapatkan bahwa semakin banyak campuran cangkang kerang maka kuat tekan beton semakin menurun. Kuat tekan beton terbesar ada pada campuran BUFC 2-1 dengan kuat tekan beton 23,9 MPa.

Kajian Eksperimental Penggunaan Limbah Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Ringan Kombinasi Pasir Tulung Selapan dan Conplast WP421.

Penelitian ini dilakukan oleh Heriyani (2014) membahas mengenai pemanfaatan biji karet sebagai pengganti agregat kasar. Adapun material pasir yang digunakan yaitu material pasir Tulung Selapan dan menggunakan bahan tambahan Conplast WP421. Persentase

agregat menggunakan biji karet yaitu dengan perbandingan 25%, 50%, dan 75%. Adapun benda uji yang akan diuji yaitu benda uji dengan umyr 7 hari, 21 hari, dan 28 hari. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa semakin sedikit penggunaan persentase biji karet kuat tekan semakin meningkat dan sebaliknya. Pengaruh bahan tambahan Conplast WP421 dan pasir Tulung Selapan terhadap kuat tekan beton cukup besar dimana hasil uji kuat tekan beton yang diberi bahan tambahan Conplast WP421 lebih besar dari pada kuat tekan beton normal. Pengaruh penggunaan pasir Tulung Selapan ini memiliki kandungan silika yang membuat berat beton bertambah dan kuat tekan meningkat.

Penelitian terkait Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton.

Penelitian ini dilakukan oleh Vitri dkk. (2019) mengenai penelitian Laboratorium menggunakan campuran bahan tambahan yang berasal dari limbah kelapa sawit. Limbah kelapa sawit cukup banyak terdapat di Provinsi Sumatera Barat karena pabrik kelapa sawit menyebar di Kabupaten Pasaman Barat. Limbah kelapa sawit yang digunakan adalah cangkang dari kelapa sawit, sebagai variasi dari agregat kasar dan limbah pembakaran cangkang kelapa sawit atau abu boiler sebagai variasi dari agregat halus. Material yang digunakan, akan diuji terlebih dahulu sesuai dengan ketentuan SNI beton dan akan dibuat komposisi adukan beton dengan kualitas mutu tepat 25 MPa. Hasil pemeriksaan uji laboratorium menyatakan bahwa karakteristik untuk agregat halus dan agregat kasar dapat digunakan karena memenuhi standar SNI. Begitupun dengan limbah kelapa sawit, didapatkan bahwa untuk analisa saringan, berat jenis, penyerapan telah memenuhi standar SNI sehingga dapat digunakan sebagai pengganti agregat dengan jumlah tidak lebih dari 10% untuk abu boiler kelapa sawit dan tidak lebih dari 30% untuk cangkang kelapa sawit. Hasil Kuat Tekan Beton rata-rata pada hari ke7 dan hari ke-28 di dapatkan sebesar 21 Mpa, belum memenuhi estimasi awal kuat tekan yang diinginkan sebesar 25 MPa. Kata

kunci: Abu Boiler Kelapa Sawit, Campuran Beton, Cangkang Kelapa Sawit, Mutu Beton

Penelitian mengenai Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Sebagai Agregat Kasar Campuran Dan Pengaruhnya Terhadap Kuat Tekan Beton.

Penelitian ini dilakukan oleh Suria, dkk. (2017) menjelaskan mengenai limbah pecahan keramik adalah salah satu contoh limbah yang dihasilkan dari pabrik keramik atau hasil pekerjaan konstruksi bangunan. Tujuan penulisan ini untuk mengetahui apakah limbah pecahan keramik berpengaruh terhadap kuat tekan beton terutama untuk konstruksi sipil. Dalam penulisan ini limbah pecahan keramik digunakan sebagai pengganti agregat kasar dalam campuran beton. Rencana campuran beton dibuat sesuai dengan peraturan dengan faktor air semen 0,57. Penelitian ini menguji sampel beton dengan menggunakan benda uji kubus untuk uji tekan (15 cm x 15 cm x 15 cm). Umur pengujian selama 7 hari, 14 hari, 21 hari dan 28 hari sebanyak 60 kubus terdiri dari 5 variasi dan setiap variasi dibuat 3 sampel. Komposisi campuran limbah pecahan keramik dengan variasi 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40% dari volume agregat kasar. Dari hasil penelitian diperoleh penurunan nilai slump pada adukan beton yang menggunakan limbah keramik. Beton dengan agregat kasar limbah pecahan keramik memiliki berat volume yang lebih kecil dan serapan air yang lebih besar dibanding beton normal. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dalam penelitian ini menunjukkan bahwa kuat tekan beton normal 28 hari adalah sebesar 30,10 MPa, setelah mengganti agregat kasar dengan pecahan keramik maka terjadi penurunan pada kuat tekan beton, pecahan keramik 10% pada umur 28 hari menunjukkan hasil kuat tekan beton sebesar 23,95 MPa, hingga perbandingan pecahan keramik 40% pada umur 28 hari menunjukkan hasil kuat tekan sebesar 18,44 MPa. Sehingga dapat diperoleh kesimpulan penggunaan komposisi limbah pecahan keramik tidak direkomendasikan untuk struktur konstruksi bangunan.

Penelitian tentang Neural Network Application Overview in Prediction of Properties of Cement-Based Mortar and Concrete

Penelitian ini dilakukan oleh Lee (2014) mengenai jaringan saraf yang secara luas digunakan dalam aplikasi teknik sipil karena kemampuan serbaguna mereka. Kuat tekan mortar dipengaruhi oleh rasio air/semen dan rasio agregat halus/semen. Saat ini beton mutu tinggi telah dipelajari secara aktif, namun sulit untuk memprediksi sifat-sifat beton dengan sifat mutu tinggi. Jaringan saraf telah dianggap sebagai metode untuk memecahkan masalah yang sangat kompleks dengan menggunakan elemen komputasi yang saling berhubungan. Penelitian ini merangkum studi kelayakan aplikasi jaringan saraf untuk menyelidiki kompleks interaksi non-linear antara berbagai variabel dalam kinerja beton kompleks. Dapat disimpulkan dari investigasi bahwa penerapan Neural Network di bidang teknologi bahan beton bisa menjadi model simulasi untuk membantu mencegah beberapa masalah seperti korosi, kehilangan kemampuan kerja, kehilangan kekuatan, creep, dan susut, yang terkait dengan daya tahan dan keamanan beton.

Prediksi Kekuatan Beton Berdasarkan Parameter Design, Hammer Test Dan Test Upv dengan Menggunakan Artificial Neural Network.

Penelitian ini dilakukan oleh Yulia H., dkk. (2019) bertujuan untuk memprediksi kuat tekan beton existing tanpa menggunakan tes destruktif yang merusak permukaan beton. Pengujian Destruktif selain memiliki kelemahan merusak permukaan beton, pengujiannya membutuhkan waktu yang lama dan biaya yang mahal, sedangkan pengujian Non Destruktif Test (NDT) mempunyai kelebihan tidak merusak permukaan beton dan lebih cepat apabila dikombinasikan dengan metode Artificial Neural Network (ANN). Pada penelitian ini, metode Non Destruktif Test (NDT) seperti hammer test dan UPV dikombinasikan dengan data mix desain beton dan digunakan untuk memprediksi kekuatan beton pada umur 3 dan 28 hari. Metode *Artificial Neural Network* (ANN) digunakan

untuk membuat korelasi data input mix desain dan NDT. Pada penelitian ini dilakukan experimental tes dengan menggunakan variasi parameter desain seperti faktor air semen dan rasio berat fly ash. Rasio faktor air semen yang digunakan berkisar antara 0.45 sampai dengan 0.55. Sedangkan rasio berat fly ash yang digunakan berkisar antara 0% hingga 25%. Berdasarkan hasil dari pemodelan dengan metode ANN, didapatkan bahwa metode ini berhasil memberikan prediksi kekuatan beton pada usia 3 dan 28 hari dengan nilai *Mean Square Error* (MSE) dan regresi beton umur 3 hari adalah 5,83 dan 0,89. Sedangkan pada usia 28 hari, nilai MSE dan regresi yang didapatkan adalah 4,70 dan 0,87.

Artificial Neural Network

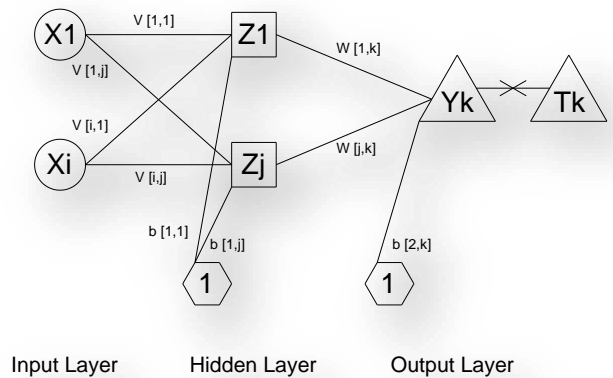
Konsep ANN yang dikemukakan oleh Siang (2014) dibentuk sebagai generalisasi model matematika dari jaringan syaraf biologi, dengan asumsi bahwa :

- Pemrosesan informasi terjadi pada banyak elemen sederhana (neuron).
- Sinyal dikirimkan diantara neuron-neuron melalui penghubung penghubung.
- Penghubung antar neuron memiliki bobot yang akan memperkuat atau memperlemah sinyal.
- Untuk menentukan output, setiap neuron menggunakan fungsi aktivasi (biasanya bukan fungsi linier) yang dikenakan pada jumlahan input yang diterima. Besarnya output ini selanjutnya dibandingkan dengan suatu batas ambang.

Metode Backpropagation

Arsitektur backpropagation terdiri dari tiga layer, yaitu input layer, hidden layer dan output layer. Pada input layer tidak terjadi proses komputasi, namun terjadi pengiriman sinyal input X ke hidden layer. Pada hidden dan output layer terjadi proses komputasi terhadap bobot dan bias serta proses perhitungan besarnya output dari hidden dan output layer tersebut berdasarkan fungsi aktivasi tertentu. Pada algoritma backpropagation ini digunakan fungsi aktivasi

sigmoid biner, karena output yang diharapkan bernilai antara 0 sampai 1 agar proses tidak memakan waktu yang lama. Sketsa susunan jaringan backpropagation dapat dilihat pada Gambar 3.1. Arsitektur jaringan yang sering digunakan oleh algoritma backpropagation adalah jaringan feedforward dengan banyak lapisan.



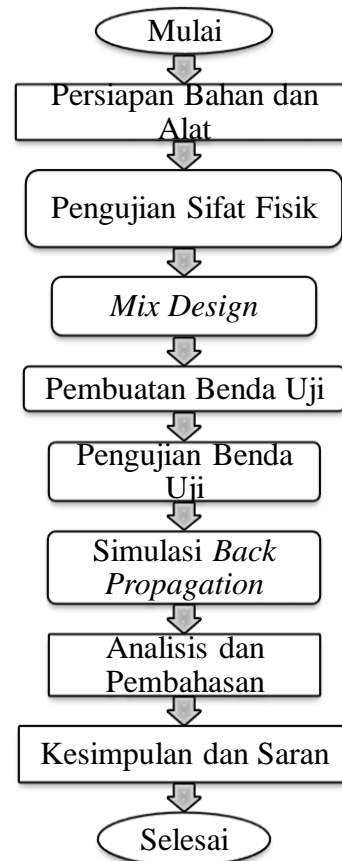
Gambar 1. Sketsa Susunan Skema Backpropagation (Kusumadewi,2004)

Keterangan Gambar :

- X_i : masukan (input)
- i : 1,2,3,.....,n
- n : jumlah unit input
- V_{ij} : bobot input
- b_{1j} : bobot bias input
- Z_j : hidden layer
- j : 1,2,3,.....,m
- m : jumlah unit lapisan tersembunyi
- W_{ij} : bobot lapisan
- b_{2k} : bobot bias lapisan
- Y_k : target hasil/output
- T_k : prediksi output
- k : 1,2,3,.....,o
- o : jumlah output

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 2 berikut.



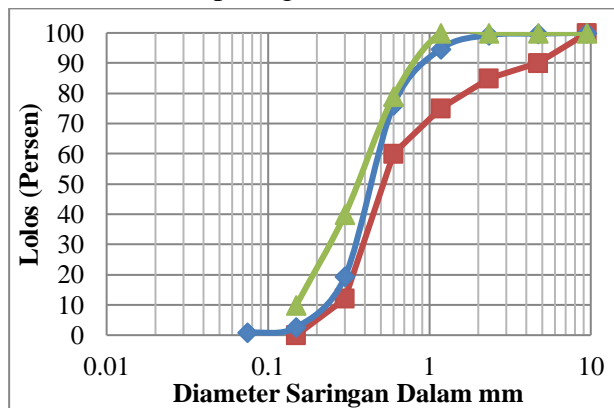
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

HASIL PENGUJIAN SIFAT FISIK BAHAN

Semen yang digunakan adalah semen portland tipe I. Berdasarkan hasil pengujian konsistensi semen memenuhi syarat SNI 15-2049-2004 dengan penurunan sebesar 11 mm dengan kandungan air sebanyak 24%. Jumlah air tersebut telah memenuhi standar dimana jumlah air untuk mencapai konsistensi normal semen berkisar antara 22% - 28%. Pengujian waktu ikat semen membutuhkan waktu selama 104,5 menit dengan metode pengujian telah memenuhi syarat SNI 15-2049-2004. Pengujian berat jenis semen portland tipe I sebesar 3,09 gr/m³. Nilai berat jenis semen tersebut telah memenuhi nilai standar. Adapun nilai standar untuk berat jenis semen yaitu sebesar 3,0 – 3,2 gr/m³.

Dari pengujian berat jenis bulk/density agregat kasar didapat nilai rata-rata 2,43 gr/m³ dan berat jenis *Saturated Surface Dry* (SSD) nilai rata-rata 250 gr/m³ berdasarkan SNI 03-1969-1990 nilai tersebut memenuhi standar nilai yang disyaratkan untuk berat jenis. Dari

pengujian berat jenis bulk/density agregat halus didapat nilai rata-rata 2,15 gr/m³ dan berat jenis Saturated Surface Dry (SSD) nilai rata-rata 2,21 gr/m³ berdasarkan SNI 03-1970-1990 nilai tersebut memenuhi standar nilai yang disyaratkan untuk berat jenis. Berdasarkan SNI 03-1968-1990 didapatkan hasil analisis saringan agregat halus termasuk dalam zona 3 seperti gambar berikut :



Gambar 2. Analisa Saringan Agregat Halus

Setelah melakukan pengujian sifat fisik langkah selanjutnya adalah membuat benda uji berdasarkan SNI 03-2834-1993. Berikut merupakan gambar dari biji karet dari daerah Sembawa yang disubstitusikan kedalam agregat kasar dengan persentase sebesar 5%, 10%, 15% dan 20%.

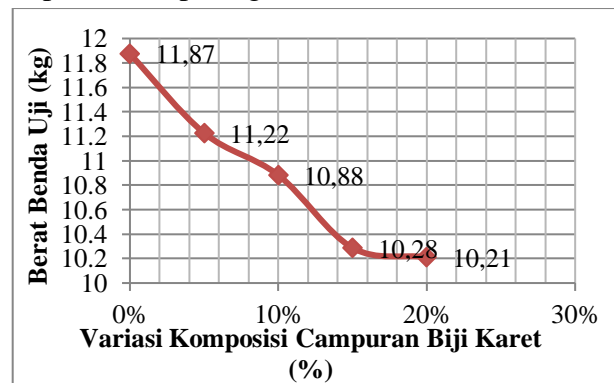


Gambar 3. Biji Karet

Biji karet yang digunakan dibersihkan permukaannya lalu di lap untuk membuat keadaan SSD. Ukuran biji karet yang digunakan berkisar antara 1 cm sampai 2 cm. Biji karet mempunyai nilai kekerasan dan keausan berkisar 50,15% dan 62,56%, jadi dapat disimpulkan bahwa biji karet mempunyai sifat yang sangat getas jika dibandingkan dengan batu pecah.

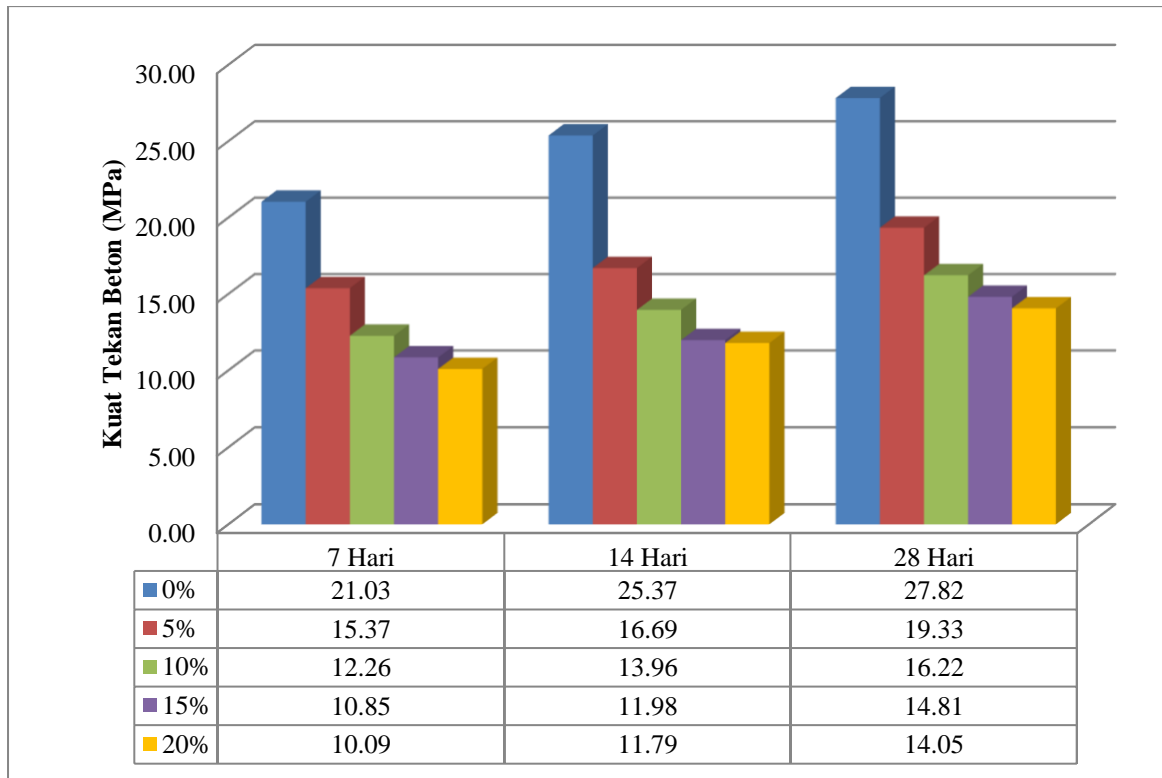
HASIL PENGUJIAN KUAT TEKAN BETON

Benda uji setelah umur 28 hari ditimbang beratnya untuk mengetahui pengaruh biji karet terhadap berat beton. Hasil berat benda uji dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 4. Berat Benda Uji Terhadap Variasi Komposisi Campuran Biji Karet

Dari hasil berat benda uji terhadap variasi komposisi campuran biji karet maka dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi campuran biji karet maka semakin ringan berat benda uji. Hal ini disebabkan komposisi biji karet lebih ringan karena memiliki rongga atau ruang kosong diantara kulit dan isi biji karet sehingga menyebabkan ruang dalam benda uji semakin besar dan membuat berat volume semakin berkurang.



Gambar 5. Grafik Kuat Tekan Beton Terhadap Umur Beton

Setelah umur benda uji selama 7 hari, 14 hari dan 28 hari benda uji dilakukan pengujian untuk mengetahui kuat tekannya sesuai standar SNI 03-1974-1990. Dari hasil berat benda uji terhadap variasi komposisi campuran biji karet maka dapat dilihat bahwa semakin besar komposisi campuran biji karet maka semakin kecil kuat tekan beton. Hal ini disebabkan penambahan komposisi biji karet menyebabkan penambahan rongga pada benda uji serta bentuk biji karet yang tidak memiliki ruas seperti agregat kasar yang dapat berfungsi sebagai daya ikat semen.

SIMULASI *BACK PROPAGATION*

Data input yang digunakan untuk simulasi berdasarkan hasil pengujian laboratorium. Simulasi *Artificial Neural Network* dilakukan untuk mendapatkan data kuat tekan beton campuran biji karet yang disubstitusi terhadap agregat kasar. Persamaan umum ANN adalah sebagai berikut:

$$T_k > Y_k$$

$$= (b_{2k} + (\sum W_{jk} \cdot f(b_{1j} + \sum V_{ij} \cdot X_i))) \quad (1)$$

dengan:

T_k = Target output yang dipasang

Y_k = Prediksi output
 b_{2k} = Bobot bias lapisan
 W_{jk} = Bobot lapisan
 b_{1j} = Bobot bias input
 V_{ij} = Bobot input
 X_i = Parameter input
 x_1 = Persen Komposisi
 x_2 = Umur
 y = Kuat Tekan

Jumlah input layer yang digunakan (X) = 2

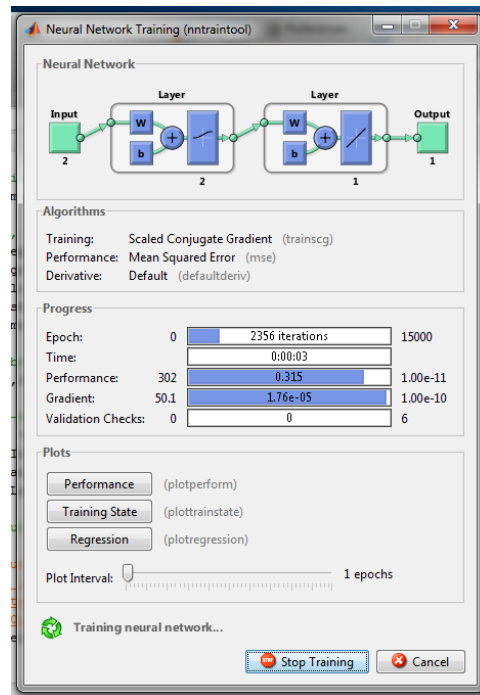
Jumlah hidden layer yang digunakan (Z) = 2

Jumlah output layer yang digunakan (Y) = 1

Batas iterasi (epoch) = 10000

Target error maksimum (E_{max}) = $1e-11$

Pemodelan di matlab yang diinputkan yaitu umur, persen biji karet, dan data kuat tekan beton. Untuk variabel semen, pasir, air, tidak dimasukkan dikarenakan memiliki nilai yang sama atau konstan sehingga akan membuat running menjadi eror. Hal ini dimaksudkan untuk melihat kemampuan metode back propagation dalam memprediksi dan menganalisis kuat tekan beton campuran biji karet.



Gambar 6. Proses Training ANN

Tabel 4.1 Perhitungan Hasil Error Simulasi Back Propagation

No	Umur (Hari)	Persentase (%)	Zinj1	Zinj2	Z1	Z2	Y (ANN)	y (data)	Error (%)
1	7	0	4,31	18,96	0,987	1,000	14,518	21,03	30,97
2	14	0	9,72	38,77	1,000	1,000	14,551	25,37	42,65
3	28	0	20,54	78,40	1,000	1,000	14,551	27,82	47,70
4	7	5	3,23	19,18	0,962	1,000	14,455	15,37	5,98
5	14	5	8,64	38,99	1,000	1,000	14,551	16,69	12,84
6	28	5	19,45	78,62	1,000	1,000	14,551	19,33	24,74
7	7	10	2,14	19,39	0,895	1,000	14,285	12,26	16,51
8	14	10	7,55	39,21	0,999	1,000	14,550	13,96	4,24
9	28	10	18,37	78,84	1,000	1,000	14,551	16,22	10,30
10	7	15	1,06	19,61	0,742	1,000	13,898	10,85	28,14
11	14	15	6,47	39,43	0,998	1,000	14,547	11,98	21,45
12	28	15	17,28	79,06	1,000	1,000	14,551	14,81	1,73
13	7	20	-0,03	19,83	0,493	1,000	13,266	10,09	31,46
14	14	20	5,38	39,64	0,995	1,000	14,540	11,79	23,33
15	28	20	16,20	79,27	1,000	1,000	14,551	14,05	3,55

KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah substitusi biji karet kedalam agregat kasar sebaiknya tidak boleh lebih dari 5% untuk mendapatkan hasil yang maksimal diperlukan penambahan bahan kimia lainnya. Simulasi dengan metode *back-*

propagation mampu digunakan untuk memprediksi hasil kuat tekan beton dengan maksimum eror 47% dan eror terkecil 3,5%

Hal ini juga didukung oleh teori yang disampaikan oleh Jong Jek Siangdalam bukunya Jaringan Syaraf Tiruan mengenai pengenalan pola Artificial Neural Network

dapat dipakai untuk mengenali pola (misal huruf, angka, suara, atau tanda tangan) yang sudah sedikit berubah. Dalam hal ini jika pola mengalami perubahan yang besar maka akan membuat JST sulit mengenalinya. Pada penelitian ini pola sebaran data input kuat tekan yang dimasukkan memiliki data yang sedikit sehingga akurasi data yang dihasilkan kurang detail.

SARAN

Setelah melakukan penelitian ini saran yang dapat diambil adalah diharapkan untuk penelitian lanjutan dengan kadar komposisi biji karet yang lebih sedikit dan dengan tambahan bahan kimia lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Andina P., P., dan Ade K., T., "Analisis Kuat Tekan Beton Menggunakan Substitusi Bahan Ramah Lingkungan". *Jurnal Kajian Teknik Sipil*, Vol. 3, 105-109.
- Asmadi Suria, dkk. "Pemanfaatan Limbah Pecahan Keramik Agregat Kasar Campuran Dan Pengaruhnya Terhadap Kuat Tekan Beton". *Jurnal Umum Teknik Terapan*. Vol. 4. 16-24. 2017.
- Evi Heriyani. "Kajian Eksperimental Penggunaan Limbah Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Beton Ringan Kombinasi Pasir Tulung Selapan Dan Conplast WP421". *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, Vol. 2. 336-342. 2014.
- Jong. J., S., "Jaringan Saraf Tiruan & Pemrogramannya Menggunakan MATLAB", Penerbit ANDI, Yogyakarta, 2004.
- Gusni Vitri dan Hazmal Herman. "Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Material Tambahan Beton". *Jurnal Teknik Sipil ITP*, Vol. 2, 78-87.2019
<https://sumsel.bps.go.id/indicator/54/414/1/luas-tanaman-perkebunan.html>
- Sri Kusumadewi, Membangun Jaringan Saraf Tiruan Menggunakan MATLAB & Excel Link, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta, 2004
- N. K. Lee, H. Sourı and H. K. Lee. "Neural Network Application Overview in Prediction Of Properties Of Cement Based Mortar And Concrete." *The 2014 World Congress on Advances in Civil Environmental and Materials Research.*, 2014.
- Shela Y., "Kajian Ekspeimental Penggunaan Limbah Biji Karet Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada ampuran Beton Ringan Kombinasi Pasir Tanjung Raja Dan Conplast WP421". *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, vol. 2, 434-444, 2014.
- SNI 15-2049-2004." Semen Portland". Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1969-1990. "Metode Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar". Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1970-1990. "Metode Pengujian Berat Jenis Agregat Halus". Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1968-1990. "Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar". Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-2834-1993. "Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Normal". Badan Standarisasi Nasional.
- SNI 03-1974-1990. "Cara Uji Kuat Tekan Beton Dengan Benda Uji Silinder yang Dicetak". Badan Standarisasi Nasional.
- Yulia H. M. R., Pujo A., "Prediksi Kekuatan Beton Berdasarkan Parameter Design Hammer Test Dan Test UPV Dengan Menggunakan Artificial Meural Network (ANN)." *ITS Journal Of Civil Engineering.*, vol. 34,. no. 1,May 2019.